

УДК 539.12.08

Об одном СВЧ-методе дозиметрии импульсов проникающего излучения

КАШИНОС В. Н., МЕДВЕДЕВ Ю. А.

В работе [1] обсуждались возможности использования СВЧ-методов для дозиметрии мощных коротких импульсов проникающих излучений в воздухе достаточно малой плотности, когда время жизни электронов θ значительно больше длительности импульса τ . В работе [2] рассмотрены возможные СВЧ-методы дозиметрии в воздухе большой плотности, когда $\tau \gg \theta$. В этом случае одним из СВЧ-методов измеряется электронная проводимость воздуха $G(t)$, которая линейно связана с мощностью экспозиционной дозы $M(t)$ при $10^6 \leq M \leq 10^{11}$ Р.с⁻¹:

$$M(t) = 137G(t), \text{ с}^{-1} *.$$

Временная зависимость мощности экспозиционной дозы может быть определена путем измерения какой-

Используя [5], можно показать, что при достаточно больших частотах столкновений электронов $v_{эф} \gg \omega$, где ω — круговая частота зондирующего поля, изменение уровня мощности волны на выходе линии передачи, равномерно заполненной проводящей средой, связано с проводимостью среды $G(t)$ соотношением

$$\Delta\eta(t) = |\ln 1 - \alpha(t)| = \frac{4\pi L}{c} G(t),$$

где L — длина линии передачи. Отсюда получаем, что при $10^6 < M < 10^{11}$ Р.с⁻¹, когда можно пренебречь ионным компонентом проводимости воздуха по сравнению с электронным и процессом электрон-ионной рекомбинации, для малого затухания $\alpha \ll 1$:

$$M(t) = \frac{137c}{4\pi L} \alpha(t). \quad (1)$$

Для экспериментальной проверки соответствия временной формы импульса затухания, а следовательно, и импульса мощности экспозиционной дозы временной форме импульса ионизирующего излучения одновременно регистрировались импульсы мощности экспозиционной дозы (рис. 1) с помощью измерителя на основе полосоковой линии [6] длиной 3,46 м, работающего на частоте 900 МГц, и импульс тока электронов амплитудой 31 мА (рис. 2) с энергией порядка 8 МэВ с помощью цилиндра Фарадея. Сравнение осциллограмм показывает, что формы импульсов мощности экспозиционной дозы и электронов практически совпадают (рис. 3). Из рис. 3 следует, что отношение $I(t)/\alpha(t)$ в течение действия импульса электронов не отклоняется от значения 0,31 более чем на 5% (несколько большее отклонение в кону

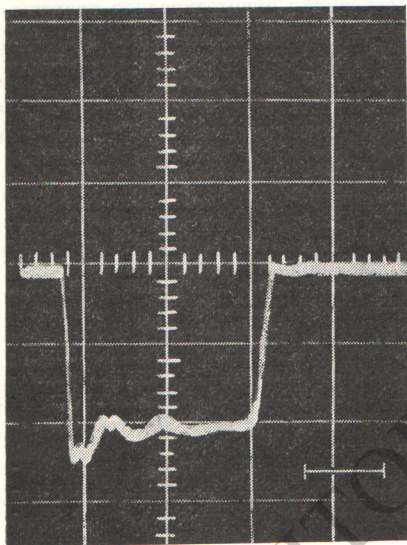


Рис. 1. Осциллографическая запись импульса мощности экспозиционной дозы электронного излучения. Скорость развертки 1 дел./мкс.

либо величины, пропорциональной электронному компоненту проводимости ионизированного воздуха. В качестве такой величины удобно использовать затухание зондирующих электромагнитных волн при их прохождении через линию передачи, заполненную ионизированным воздухом:

$$\alpha(t) = P_1(t)/P(t),$$

где $P_1(t)$ и $P(t)$ — мощность зондирующего электромагнитного сигнала на выходе линии передачи с ионизированным и неионизированным воздухом соответственно.

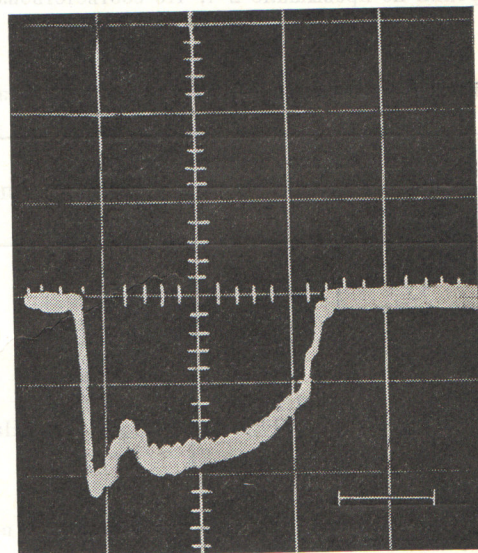


Рис. 2. Осциллографическая запись импульса тока электронов с энергией порядка 8 МэВ. Скорость развертки 1 дел./мкс

* Использованы значения констант из работ [3, 4].

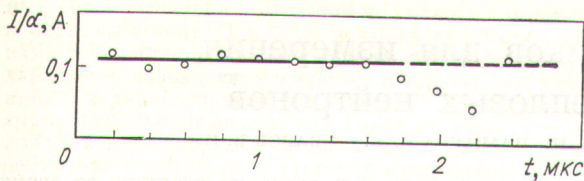


Рис. 3. Временная зависимость отношений тока электронов $I(t)$ к затуханию высокочастотного сигнала $\alpha(t)$

импульса при $t \geq 1,8$ мкс обусловлено недостаточно высокими временными характеристиками методики с цилиндром Фарадея). Результаты, приведенные на рис. 3, экспериментально подтверждают правильность соотношения типа (1)

$$M(t) = K\alpha(t), \quad (2)$$

где K — постоянный во времени коэффициент, который может быть рассчитан следующим образом. Мощность экспозиционной дозы связана с числом электронно-ионных пар $Q(t)$, образуемых в 1 см^3 воздуха в 1 с , соотношением

$$M(t) = Q(t)/2,08 \cdot 10^9, \quad (3)$$

а $Q(t)$ может быть представлено в виде

$$Q(t) = 7 \cdot 10^{18} \frac{\nu}{l} \frac{I(t)}{S}, \quad (4)$$

где $I(t)$ — временная зависимость импульса тока электронов, А; S — площадь поперечного сечения цилиндра Фарадея, см^2 ; $\nu/l = 40 \text{ см}^{-1}$ [7] — число вторичных электронов, образованных в воздухе на единице длины комптоновским электроном со средней энергией порядка 1 МэВ .

С учетом соотношений (2) — (4)

$$K = 3,3 \cdot 10^9 \frac{\nu}{Sl} \frac{I(t)}{\alpha(t)},$$

или, принимая во внимание, что $I(t)/\alpha(t) = 0,31 \text{ А}$ и $S = 40 \text{ см}^2$, получаем $K = 140 \text{ с/4лЛ}$ в полном соответствии с соотношением (1).

В ряде опытов одновременно с измерениями мощности экспозиционной дозы высокочастотным методом измеряли дозу излучения D_t термомюлюминесцентным методом с помощью дозиметров типа VA-S-220 (см. таблицу). При этом интегральную за импульс дозу излучения D_t , используя соотношение

$$M_{\text{макс}, t} = M_{\text{макс}} \frac{D_t}{\int_0^{\infty} M(t) dt},$$

Сравнение результатов высокочастотного и термомюлюминесцентного методов дозиметрии

$M_{\text{макс}} \cdot 10^{-7},$ Р.с-1	$M_{\text{макс}, t} \cdot 10^{-7},$ Р.с-1	$M_{\text{макс}, t}/M_{\text{макс}}$
0,84	1,6	1,9
0,92	1,9	2,1
1,6	2,6	1,6
2,1	3	1,4
3,6	6,6	1,8
11	15	1,4
12	22	1,8
20	27	1,4
40	48	1,2

где $M_{\text{макс}}$ — максимальное значение мощности экспозиционной дозы $M(t)$, зарегистрированной высокочастотным методом в том же опыте, что и D_t , пересчитывали в максимальное значение мощности дозы $M_{\text{макс}, t}$, полученное термомюлюминесцентным методом.

Постоянство отношения $M_{\text{макс}, t}/M_{\text{макс}}$ в пределах погрешностей измерений (погрешность измерений высокочастотным методом составляет 15%, термомюлюминесцентным методом — 25%, среднее значение отношения равно 1,6) для всего ряда импульсов свидетельствует о применимости высокочастотного метода для измерений мощности экспозиционной дозы ионизирующего излучения, тогда как систематическое отклонение этих отношений от единицы обусловлено различием в способах калибровки высокочастотного и термомюлюминесцентного дозиметров.

Поступило в Редакцию 22.II.78

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Медведев Ю. А. и др. «Атомная энергия», 1976, т. 40, вып. 1, с. 53.
- Медведев Ю. А., Морозов Н. Н., Степанов Б. М. «Атомная энергия», 1978, т. 45, вып. 5, с. 374.
- Медведев Ю. А., Степанов Б. М., Федорович Г. В. В кн.: Вопросы метрологии ионизирующих излучений М., Атомиздат, 1975, с. 183.
- Капинов В. Н. и др. «ЖТФ», 1974, т. 44, № 11, с. 2432.
- Голант В. Е. Сверхвысокочастотные методы исследования плазмы. М., «Наука», 1968, с. 296.
- Фельдштейн А. Л., Явич Л. Р., Смирнов В. П. Справочник по элементам волноводной техники. М., «Советское радио», 1967, с. 214.
- Арцимович Л. А. Справочник по ядерной физике. М., Физматгиз, 1963, с. 361.

ПОПРАВКА

В статье М. В. Владимировой и И. А. Куликова «Выделение водорода из водных растворов, облученных в ядерных реакторах» (1978, т. 45, вып. 3) на с. 233 формулу следует читать так:

$$I_{\gamma+6.н} = 2,5 \cdot 10^5 \varphi_{\text{т.н.}} \text{ эВ/мл.с.}$$